

Impact de la teneur en eau initiale sur l'infiltration dans les sols des séguías en terre au périmètre de Jorf (Province d'Errachidia)

M. BAKACHE¹, A. HAMMANI¹, M KUPER¹, E. BARTALI¹

(Reçu le 05/12/2018; Accepté le 13/05/2019)

Résumé

L'objectif du présent travail est l'étude du comportement de l'infiltration dans deux échantillons de sol prélevés des séguías en terre Lgdima et Hanabou faisant partie du réseau d'irrigation du périmètre Jorf situé dans la province d'Errachidia. Les essais d'infiltration ont été conduits dans des colonnes de sol soumises au même régime d'alimentation hydrique avec une charge d'eau constante, pour des fractions d'argile ajoutées aux échantillons de 10%, 15%, 20% et 25% et pour des teneurs en eau initiales de 0%, 5% et 10%. Durant tous les essais, le temps et la position relatifs au déplacement du front d'humidification dans les colonnes de sol ont été enregistrés. Ce qui a permis de tracer les courbes de variation du taux d'infiltration en fonction du temps, paramétrées en teneur en eau initiale pour les différentes fractions d'argile apportées aux échantillons d'origine. Dans toutes les figures, la variation du taux d'infiltration $I(t)$ en fonction du temps (t), est mieux traduite par une loi de type puissance exprimée par la relation : $I(t) = \alpha.t^\beta$. Les coefficients α et β reflètent l'effet résultant de la texture du sol et de l'état de sa teneur en eau initiale sur le comportement de l'infiltration. Les différentes courbes obtenues ont montré que le temps mis par le front d'humidification pour traverser la colonne du sol croît avec l'augmentation de la fraction d'argile pour une teneur en eau initiale fixe, et avec l'augmentation de la teneur en eau initiale pour une fraction d'argile donnée. Ces courbes révèlent également que l'augmentation de la teneur en eau initiale est généralement suivie d'une réduction du taux d'infiltration pour atteindre une valeur constante lorsque le temps se prolonge. Cette réduction est beaucoup plus prononcée au début du processus. L'interprétation des courbes a permis aussi de relever que le front d'infiltration progresse plus rapidement au début du processus de l'infiltration dans l'échantillon soumis à une faible teneur en eau initiale que dans celui qui se trouve dans un état plus humide. Ceci nous permet de dire que la réduction de la teneur en eau du sol pourrait résulter en une augmentation notable de la quantité d'eau infiltrée plus particulièrement durant la phase initiale de l'infiltration. On conclut donc, qu'on peut contrôler les pertes par infiltration dans un canal en terre, à travers la maîtrise, en plus d'autres facteurs, de deux paramètres à savoir le taux d'argile qui compose le sol de ce canal et l'état initial de sa teneur en eau. Des valeurs optimales de ces paramètres doivent être déterminées en vue d'éviter les effets adverses, susceptibles d'être engendrés par une teneur en eau et un taux d'argile exagérés à savoir le gonflement et le retrait des argiles, qui résultent en des pertes d'eau excessives. On peut conclure également qu'en pratique, le mode de gestion d'un canal d'irrigation en terre a un impact sur ses pertes en eau particulièrement lorsqu'il est à chaque fois asséché suite à une fréquence de remplissage assez longue.

Mots clés : Infiltration, teneur en eau initiale, fraction d'argile, front d'humidification, pertes par infiltration, gonflement et retrait.

Impact of initial water content on infiltration in soils Jorf irrigation district (Errachidia province)

Abstract

To be able to improve the conveyance efficiency of water within earthen irrigation channels in small and medium irrigated areas in Morocco, the control of the infiltration behavior in the soil composing these irrigation channels is a stage impossible to circumvent. This is why this work was devoted to the study of the infiltration at the laboratory on samples of soil taken from the irrigation channels Lgdima and Hanabou located in the perimeter of Jorf which belongs to the province of Errachidia. The experimental device is composed of test-tubes out of glass containing the samples to be tested. The test-tubes were subjected to a constant water head during all the tests, which consisted of the recording of the infiltration time according to the advance of the humidification face in the test-tubes. All the samples underwent the same energy of dry compaction. In all the experiments, the infiltration measurements concerned the samples from origin soils not compacted, then compacted and finally mixed with fractions of clay according to percentages going from 5 to 25% by step of 5%. The two parameters analyzed in the experiments are the water infiltration time necessary to cross entirely the column of the soil sample contained in the test-tube, and the infiltration rate determined on the basis of the ratio between the variation of the levels of the humidification advance face and the variation of the infiltration time. The objective of this paper is to test the impact of change in the soil characteristics on the infiltration behavior, while keeping constant the other parameters such as the initial water content and the compaction degree. The results showed in a first stage of the experimentation, that the comparison between infiltration times in the same sample not compacted then compacted, allows us to get a ratio between the two times higher than 2. This shows the effect of the compaction on the deceleration of the humidification face and thus on that of the infiltration. In one second stage, the infiltration time was measured in a case where the two samples of origin soil were compacted then mixed with clay according to the proportions indicated above. The results of these tests indicated that the variation of the infiltration time is an increasing function of the clay fraction brought and it is that this variation is better represented by a second order parabolic law with coefficients of determination (R^2) of 0,972 and 0,983, respectively, for Lgdima and Hanabou samples. The study of the variation of the infiltration rate $I(t)$ versus the time t , made it possible to get in the case of the two samples, curves whose the best fit is a function power with a coefficient of determination R^2 ranging between 0,909 and 0,995. The equation of the infiltration rate was found to be as: $I(t) = \alpha.t^\beta$, α and β are coefficients which vary from a sample to another and from a test to another.

Key words: Infiltration, Humidification face, Clay fraction, Infiltration rate, Compaction.

¹ Département Eau, Environnement, Infrastructure, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

INTRODUCTION

L'infiltration de l'eau dans le sol est un processus qui revêt un caractère très important dans la gestion de l'eau d'irrigation que ce soit au niveau du transport et de la distribution de l'eau dans les canaux en terre ou au niveau de l'application de l'eau d'irrigation sur la parcelle. Elle est définie comme étant le processus d'absorption de l'eau par les couches superficielles du sol qui se produit lorsqu'il y a des précipitations ou une submersion (Mayoraz, 2015). La connaissance et la maîtrise du processus de l'infiltration, qui est lié aux propriétés et au mode d'alimentation en eau du sol, est très indispensable pour garantir une gestion efficace des ressources en eau et plus particulièrement l'eau destinée à l'irrigation des périmètres de Petite et Moyenne Hydraulique qui sont caractérisés par des infrastructures d'irrigation traditionnelles composées de séguias non ou partiellement revêtues. L'état de ces séguias engendre des pertes importantes d'eau par infiltration.

Le processus de l'infiltration est conditionné par divers facteurs dont les plus significatifs relèvent d'une part du sol, à travers ses caractéristiques hydrodynamiques, de sa texture et de sa structure, et de l'autre, des conditions spécifiques dans lesquelles se déroule le processus, à savoir les conditions initiales et le débit d'alimentation (Musy *et al.*, 1991). Dans ces conditions, on considère que l'humidité initiale d'un sol est parmi les principaux facteurs qui influencent l'infiltration étant donné que l'écoulement dans un sol est étroitement lié à sa teneur en eau vu que le taux d'infiltration est influencé par la distribution de l'humidité dans le profil du sol à la fois au début du processus de l'infiltration et à sa fin. Bien que l'impact de la teneur en eau initiale sur l'infiltration ait été largement reconnu, les recherches antérieures ont seulement concerné l'aspect qualitatif de cet impact. Les mesures quantitatives de l'effet de l'humidité initiale sur l'infiltration sont difficiles à obtenir (Green, 1962). Néanmoins, des recherches antérieures ont démontré que les conditions d'humidité initiale d'un sol peuvent réduire le taux d'infiltration dans ces sols de 50% (Ceballos *et al.*, 2002).

De nombreux travaux de recherche ont été consacrés à l'étude de l'infiltration dans les sols en relation avec le niveau de leurs humidités initiales. Gray et Norum (1967) ont indiqué que l'augmentation de la teneur en eau initiale d'un sol entraîne une réduction du taux d'infiltration. Ruggenthaler *et al.*, (2015) ont étudié le comportement de l'infiltration dans un sol soumis à différentes humidités initiales à travers la conduite de plusieurs expérimentations. Ils ont confirmé que le taux d'infiltration décroît lorsque l'humidité initiale augmente. Jianfeng and Kenneth (2008) ont montré que l'eau infiltrée dans le sol augmente sa teneur en eau et réduit en conséquence sa capacité d'infiltration. Anctil *et al.*, (2012) ont reporté que la capacité d'infiltration du sol est faible lorsque sa teneur en eau est élevée et que la conductivité hydraulique atteint sa valeur de saturation. Dondong *et al.*, (2014) ont étudié l'influence des conditions de la surface du sol et la teneur en eau initiale du sol sur le mouvement de l'eau dans un sol non saturé. Ils ont conclu que le processus de l'infiltration est beaucoup plus influencé par la teneur en eau initiale que par la variation de la hauteur de submersion sur le sol: Une augmentation de la teneur en eau initiale du sol a engendré une réduction dans l'infiltration cumulée.

Le présent travail traite de l'analyse du mécanisme de l'infiltration dans des échantillons prélevés des sols composant deux séguias en terre dans le périmètre de la Petite et Moyenne Hydraulique du Jorf, Province d'Errachidia. Il a pour objectif de conduire un certain nombre de tests d'infiltration sur ces échantillons en espérant étudier l'impact combiné que pourrait avoir la variation de la texture du sol et sa teneur en eau initiale sur le comportement de l'infiltration.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le prélèvement des échantillons a été effectué à partir de deux séguias en terre dans le périmètre de Jorf situé dans la région de Tafilalet. Il s'agit des séguias Lgdima et El Alouia Hanabou. La texture des échantillons en question a été déterminée moyennant une analyse granulométrique exécutée dans le laboratoire du Département des Ressources Naturelles et Environnement de l'IAV Hassan II. Les sols de la séguia Lgdima contiennent des teneurs élevées en éléments grossiers avec une proportion de 62,5% de sable. Quant aux éléments fins, ils représentent 37,5 % dont 13,5 % d'argile seulement. Cependant, dans le cas de la séguia Hanabou, la teneur en éléments grossiers est relativement plus faible soit 49,5 % de sable alors que la teneur en éléments fins est de 50,5 % dont 17 % d'argile. Les fractions d'argiles qui seront mélangées aux échantillons d'origine des séguias en question ont été extraits de la carrière de l'Oulja de Salé. Ces argiles sont essentiellement constituées de l'illite avec un peu de chlorite et de smectite. On note également la présence d'interstratifié illite/chlorite et de kaolinite en très faible proportion (El Ouahabi, 2013).

L'essai expérimental englobe un certain nombre d'étapes qui consistent en:

- Le nettoyage des impuretés contenues dans l'échantillon;
- Le broyage des éléments grossiers;
- Le tamisage des échantillons par un tamis de 2mm;
- Le séchage à l'étuve pendant 24 heures;
- La mise en place de l'échantillon dans l'éprouvette par colonne de 10 cm. L'échantillon du sol d'origine est mélangé avec l'argile selon les proportions : 10%, 15%, 20% et 25%;
- Le compactage de l'échantillon de sol par tranche de 10 cm en appliquant une hauteur de chute et un nombre de coups constants pour chaque essai jusqu'à l'obtention d'une colonne de sol compactée sur 40 cm de hauteur;
- L'alimentation en eau continue de l'éprouvette contenant l'échantillon de sol tout en adoptant une charge d'eau constante de 5 cm durant l'ensemble des essais;
- La mesure, moyennant une échelle graduée, de l'avancement du front d'humectation en fonction du temps.

Le matériel utilisé pour la conduite de l'essai est formé d'un infiltromètre composé d'une éprouvette graduée de 2000 ml sans fond pour faciliter le passage de l'eau à travers l'échantillon, un bac qui reçoit l'eau infiltrée et un socle servant de support pour les éprouvettes. La base de ce socle est équipée de membranes circulaires transpercées assurant la rétention des particules de sol sans bloquer le mouvement de l'eau. L'appareil est muni de 3 compartiments pour l'emplacement des éprouvettes.

Pour mesurer l'impact de la teneur en eau initiale sur le comportement de l'infiltration, plusieurs séries de mesures de l'infiltration ont été effectuées au laboratoire. Dans la première série de mesures, on a considéré une humidité initiale nulle et on a procédé aux mesures de l'infiltration dans les deux échantillons pour différentes fractions d'argile apportées aux échantillons du sol d'origine: 10%, 15%, 20% et 25%. La deuxième série de mesures a concerné la mesure de l'infiltration dans les mêmes échantillons avec les mêmes dosages d'argile mais leur humidité initiale a été portée à 5%. Quant à la troisième série de l'essai, l'infiltration a été mesurée en se basant toujours sur les mêmes échantillons précités mais avec une teneur en eau initiale augmentée à 10%.

Les durées des différents essais effectués sont comprises entre 247 (soit environ 4h) et 4170 minutes (soit environ 3 jours). Les tableaux 1 et 2 présentent les résultats de calcul du taux d'infiltration à partir des côtes et des temps d'avancement du front d'humidification enregistrés lors des différents essais conduits, et pour trois différentes teneurs en eau initiales du sol: 0%, 5% et 10%. Les données des tableaux 1 et 2 ont permis d'établir les représentations graphiques du taux d'infiltration en fonction du temps pour les deux échantillons mélangés avec les différentes proportions d'argile et soumis aux trois teneurs en eau initiales précitées. Les courbes obtenues sont présentées dans les figures 1 et 2.

Echantillon Lgdima avec $\Theta_i = 0\%$												
10% d'argile			15% d'argile			20% d'argile			25% d'argile			
Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	
40	0		40	0		40	0		40	0		
35	11	273	35	19	158	35	30	100	35	40	75	
30	32	143	30	43	125	30	140	27	30	150	27	
26	56	100	25	86	70	25	305	18	25	420	11	
15	130	89	20	119	91	20	490	16	11	1345	9	
8	209	53	15	186	45	15	705	14	6	1630	9	
5	245	50	10	378	31	10	1310	10	4	1860	7	
0	310	46	5	499	25	5	1685	8	0	2380	5	
Echantillon Lgdima avec $\theta_i = 5\%$												
10% d'argile			15% d'argile			20% d'argile			25% d'argile			
Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	
40	0		40	0		40	0		40	0		
35	18	167	35	48	63	35	53	57	35	67	45	
30	80	48	30	143	32	30	152	30	30	225	19	
25	188	28	24	290	24	25	303	20	20	855	10	
20	320	23	21	380	20	23,5	350	19	10	1665	7	
17	406	21	11,5	725	17	16	687	13	7,5	1926	6	
7	740	18	5	995	14	5	1350	10	5	2230	5	
5	815	16	0	1233	13	0	1810	7	0	2930	4	
0	1035	14										
Echantillon Lgdima avec $\theta_i = 10\%$												
10% d'argile			15% d'argile			20% d'argile			25% d'argile			
Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	
40	0		40	0		40	0		40	0		
35	45	67	35	45	67	35	61	49	35	75	40	
30	135	33	30	215	18	30	240	17	28	300	19	
25	285	20	21	790	9	22	702	10	22	675	10	
19,5	475	17	13	1525	7	15	1322	7	15	1395	6	
7,5	995	14	7	2201	5	10	1830	6	10,5	2100	4	
4	1 165	12	0	3313	4	7	2265	4	6	3040	3	
0	1400	10					0	3470	3	3	3570	3
									0	4170	3	

On constate que dans le cas de l'échantillon Lgdima, le temps d'avancement du front d'infiltration nécessaire pour parcourir la colonne de l'échantillon varie de 310 minutes à 4170 minutes soit environ 3 jours lorsqu'on a fait varier la fraction d'argile apportée à l'échantillon de 10% à 25% par pas de 5%, et pour des teneurs en eau initiales de 0%, 5% et 10%. Dans le cas de l'échantillon Hanabou, ce temps varie de 247 minutes à 1505 minutes soit environ 1 jour pour les mêmes variations de la fraction d'argile mélangée à l'échantillon et de la teneur en eau initiale. Autrement dit, ce temps croît avec l'augmentation de la fraction d'argile pour une teneur en eau initiale fixe, et avec l'augmentation de la teneur en eau pour une fraction d'argile donnée.

Les courbes d'infiltration indiquées sur les figures 1 et 2 permettent de mettre en exergue l'impact de la teneur en eau initiale sur le mécanisme de l'infiltration. Ces courbes dévoilent que l'augmentation de la teneur en eau initiale est généralement suivie d'une réduction du taux

d'infiltration pour atteindre une valeur constante lorsque le temps se prolonge. Cette réduction est beaucoup plus prononcée au début du processus. En effet, dans le cas de l'échantillon Lgdima, le taux d'infiltration passe de 273 mm/h à 67 mm/h quand on a augmenté la teneur en eau initiale de 0 à 10% tout en fixant la fraction d'argile à 10%. Dans le cas de l'échantillon Hanabou, pour la même fraction d'argile et pour la même augmentation de la teneur en eau, le taux d'infiltration se voit réduit de 500 mm/h à 130 mm/h. Cette tendance reste valable dans le reste des essais. L'examen des courbes fait paraître également que le front d'infiltration progresse plus rapidement au début du processus de l'infiltration, dans l'échantillon soumis à une faible teneur en eau initiale que dans celui qui se trouve dans un état plus humide.

Les interprétations ci-dessus semblent ne pas être en désaccord avec les lois qui régissent les transferts hydriques dans un sol. En effet, le comportement de l'infiltration

Tableau 2: Variation du taux d'infiltration en fonction de la fraction d'argile apportée et la teneur en eau initiale de l'échantillon Hanabou

Echantillon Hanabou avec $\theta_i = 0\%$											
10% d'argile			15% d'argile			20% d'argile			25% d'argile		
Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)
40	0		40	0		40	0		40	0	
35	6	500	35	7	429	35	14	214	35	25	120
30	23	176	30	31	125	30	60	65	30	90	46
25	45	136	25	75	68	25	133	41	25	205	26
20	71	115	20	122	64	20	248	26	20	350	21
15	101	100	15	170	63	15	400	20	15	540	16
10	137	83	10	219	61	10	540	21	10	780	13
5	185	63	5	270	59	5	680	21	5	1120	9
0	247	48	0	326	54	0	850	18	0	1462	8
Echantillon Hanabou avec $\theta_i = 5\%$											
10% d'argile			15% d'argile			20% d'argile			25% d'argile		
Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)
40	0		40	0		40	0		40	0	
35	11	273	35	23	130	35	30	100	35	40	75
30	43	94	30	73	60	30	91	49	30	128	34
25	90	64	25	137	47	23	203	38	25	240	27
14	230	47	20	210	41	20	256	34	22,5	305	23
10	290	40	15	290	38	17	315	31	14	606	17
7,5	330	38	10	381	33	15	358	28	10	755	16
0	460	35	1	585	26	6	586	24	5	960	15
			0	608	26	0	750	22	0	1160	15
Echantillon Hanabou avec $\theta_i = 10\%$											
10% d'argile			15% d'argile			20% d'argile			25% d'argile		
Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)	Cote (cm)	Temps (min)	Taux d'infiltration (mm/h)
40	0		40	0		40	0		40	0	
35	23	130	35	26	115	35	32	94	35	51	59
30	70	64	30	72	65	30	93	49	30	190	22
25	130	50	25	136	47	25	205	27	25	375	16
20	205	40	20	220	36	20	325	25	16	748	14
15	290	35	15	310	33	15	460	22	3	1350	13
10	380	33	10	405	32	10	605	21	0	1505	12
5	478	31	5	505	30	7,5	675	21			
0	580	29	0	607	29	0	885	21			

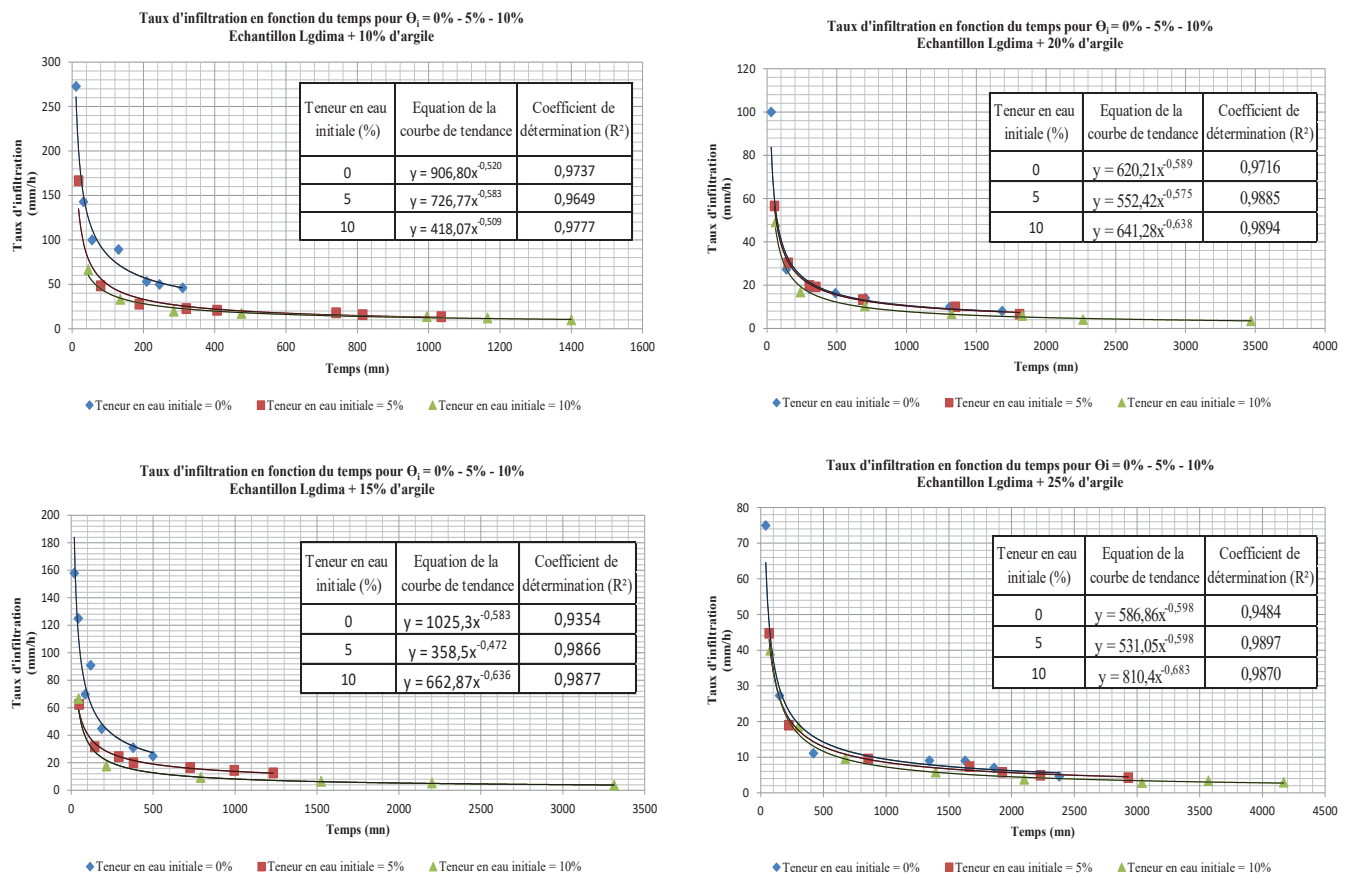


Figure 1: Courbes de variation du taux d'infiltration en fonction de la fraction d'argile apportée et la teneur en eau initiale de l'échantillon Lgdima

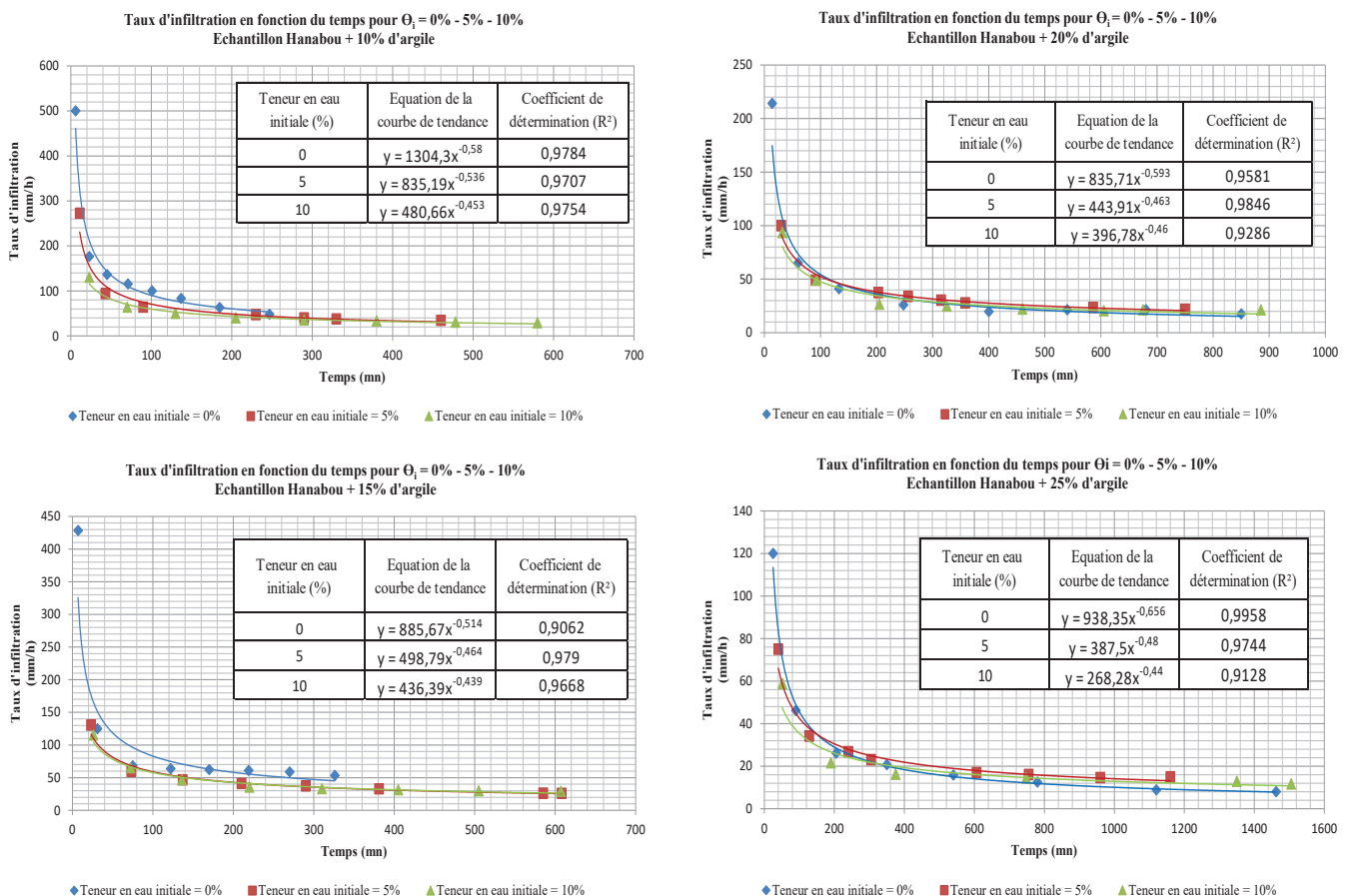


Figure 2: Courbes de variation du taux d'infiltration en fonction de la fraction d'argile apportée et la teneur en eau initiale de l'échantillon Hanabou

pourrait être conditionné par la teneur en eau initiale du sol et ceci à travers le phénomène de capillarité par lequel les forces de capillarité sont d'autant plus importantes que le sol est sec auquel cas l'infiltration sera plus grande. Néanmoins, l'effet de la capillarité diminue avec l'augmentation de l'humidité du sol.

Par ailleurs, les figures 1 et 2 montrent que dans tous les essais d'infiltration effectués sur les deux échantillons, la variation du taux d'infiltration en fonction du temps obéit à une loi de type puissance dans laquelle le taux d'infiltration $I(t)$ est lié au temps (t) par l'expression:

$$I(t) = \alpha t^{-\beta} \quad (1)$$

α et β sont des coefficients qui varient d'un échantillon à un autre et d'un essai à un autre. Les valeurs de α et β sont mentionnées sur chaque graphique. Le tableau 3 ci-après récapitule toutes les valeurs de α et β indiquées pour chaque essai.

Il ressort de ce tableau que le coefficient α varie de 358,5 à 1025,3 et l'exposant β est situé entre 0,472 et 0,683 pour l'échantillon Lgdima. Dans le cas de l'échantillon Hanabou, α varie de 268,28 à 1304,3 et β est compris entre 0,439 et 0,656. Ces valeurs sont en rapport avec l'exposant n donné par l'équation de Kostiacov rappelée comme suit :

$$I = K t^{-n} \quad (2)$$

I étant le taux d'infiltration, K un coefficient et n un exposant compris entre 0 et 1.

Dans tous les essais, le coefficient R^2 est situé entre 0,9062 et 0,9958. Ceci nous permet de conclure que le modèle de Kostiacov décrit d'une manière adéquate le comportement de l'infiltration tout au long des essais effectués sur l'effet de la teneur en argile et l'humidité initiale des échantillons testés dans la présente étude. Néanmoins, Il y a lieu de remarquer que le coefficient α ne suit aucune loi lorsque, pour une teneur en eau initiale fixée, on fait varier de façon croissante la fraction d'argile dans les deux échantillons,

ou lorsqu'on fixe la fraction d'argile tout en augmentant la teneur en eau initiale de l'échantillon. Mais généralement, on peut dire que les coefficients α et β sont des indicateurs qui reflètent l'impact combiné de la texture de sols des échantillons testés et de l'état de la teneur en eau initiale de l'échantillon sur le comportement de l'infiltration. Cette hypothèse est validée par le fait que pour chaque valeur du couple (teneur en eau, fraction d'argile), on fait correspondre une valeur du couple (α , β).

CONCLUSION

Sur la base de la présente étude, on a pu relever quelques éléments de compréhension sur le mécanisme de transfert d'eau dans deux échantillons de sol soumis à des tests d'infiltration d'eau sous des conditions initiales bien déterminées. Les résultats obtenus montrent que le processus de l'infiltration pourrait être influencé par les conditions initiales du sol notamment la teneur en eau initiale en plus de la nature du sol. En effet, on a pu constater durant tous les essais que l'augmentation de la teneur en eau initiale est généralement suivie d'une diminution remarquable du taux d'infiltration particulièrement au début du processus, pour atteindre par la suite une valeur constante lorsque le temps se prolonge. Ceci nous permet de dire que la réduction de la teneur en eau du sol impliquerait une augmentation importante de la quantité d'eau infiltrée plus particulièrement durant la phase initiale de l'infiltration. Cette déduction est en concordance avec notre compréhension du processus du mouvement de l'eau dans le sol qui est contrôlé par des gradients de succion très importants lorsque son humidité initiale est faible. Ce résultat est par ailleurs confirmé par Gray et al. (1967), Collis-George et al (1971), Zadjiaoui (2009), Musy et al (2004), Bouchemella et al (2016) et Bréard (2017).

Dans toutes les figures qui représentent les courbes d'infiltration paramétrées en teneur en eau initiale pour les différentes fractions d'argile apportées aux échantillons d'origine, la variation du taux d'infiltration $I(t)$ en fonction du temps (t), est traduite par une loi de type puissance

Tableau 3: Valeurs des coefficients α et β déterminés pour différentes fractions d'argile apportées aux échantillons Lgdima et Hanabou et pour différentes teneurs en eau initiales

Essai N°	Teneur en eau initiale (%)	Echantillon	Lgdima			Hanabou		
		Fraction d'argile (%)	α	β	R^2	α	β	R^2
1	0	10	906,8	0,52	0,9737	1304,3	0,580	0,9784
2	0	15	1025,3	0,583	0,9354	885,67	0,514	0,9062
3	0	20	620,21	0,589	0,9716	835,71	0,593	0,9581
4	0	25	586,86	0,598	0,9484	938,35	0,656	0,9958
5	5	10	726,77	0,583	0,9649	835,19	0,536	0,9707
6	5	15	358,5	0,472	0,9866	498,79	0,464	0,979
7	5	20	552,42	0,575	0,9885	443,91	0,463	0,9846
8	5	25	531,05	0,598	0,9897	387,5	0,480	0,9744
9	10	10	418,07	0,509	0,9777	480,66	0,453	0,9754
10	10	15	662,87	0,636	0,9877	436,39	0,439	0,9668
11	10	20	641,28	0,638	0,9894	396,78	0,460	0,9286
12	10	25	810,4	0,683	0,987	268,28	0,440	0,9128

similaire à celle de Kostiacov exprimée par: $I(t) = \alpha \cdot t^\beta$. Les coefficients α et β sont des indicateurs qui reflètent l'effet combiné de la texture de sols et de l'état de la teneur en eau initiale du sol sur le comportement de l'infiltration. Par ailleurs, étant donné que dans l'ensemble des essais effectués, $268,28 \leq \alpha \leq 1304,3$ et $0,439 \leq \beta \leq 0,683$, on peut conclure que le comportement de l'infiltration est plutôt contrôlé par la variation du coefficient α que celle de β . En conclusion, on peut émettre l'hypothèse que la formule de $I(t)$ doit être revue dans le sens que α soit exprimé en fonction de la teneur en eau initiale du sol (Θ_i) et la fraction d'argile apportée au sol (f_a) soit : $I(t) = f(\Theta_i, f_a) \cdot t^\beta$. Cette hypothèse est en concordance avec les résultats de Smith (1972) qui a modifié l'équation de Kostiacov pour aboutir à un modèle de Kostiacov amendé dans lequel les paramètres α et β sont uniques pour un sol donné et pour une teneur en eau initiale donnée.

Sur le plan pratique, on peut contrôler les pertes par infiltration dans un canal en terre, à travers la maîtrise, en plus d'autres facteurs, de deux paramètres à savoir le taux d'argile qui compose le sol de ce canal et l'état initial de sa teneur en eau. Certes, il existe une fraction d'argile et une teneur en eau optimales qu'il faut déterminer pour que les pertes par infiltration soient minimales tout en évitant une interaction entre une humidité et un taux d'argile excessifs. Auquel cas, on peut assister à un phénomène de gonflement du sol lorsque celui-ci est hydraté ou de retrait lorsqu'il est déshydraté, ce qui se manifeste par la création de fissures. Une telle situation pourrait engendrer des pertes d'eau très importantes par infiltration à travers les fentes de dessiccation. Ceci nous amène à réfléchir sur le mode de gestion de l'eau d'irrigation dans un canal en terre et sa relation avec les pertes en eau dans ce canal car la fréquence de mise en eau du canal a un impact sur son état d'humidité. En d'autres termes, un tour d'eau de durée prolongée aurait asséché le sol du canal, ce qui favorise d'avantage les pertes par infiltration surtout au début du remplissage du canal.

Il est souhaitable que la présente étude soit complétée par des investigations complémentaires en vue d'analyser le poids de chacun des deux facteurs à savoir la teneur en eau initiale et la fraction d'argile apportée. En effet, il serait intéressant de savoir est ce que l'influence de la teneur en eau initiale sur le comportement de l'infiltration est plus marquée que celle de la fraction d'argile ou c'est le contraire. En d'autres termes, est ce que la réduction du taux d'infiltration sera plus grande si on augmente la teneur en eau initiale en maintenant la même fraction d'argile, que si l'on augmente la fraction d'argile tout en maintenant la même teneur en eau initiale ?

RÉFÉRENCES

- Anctil F., Rousselle J. et Lauzon N. (2012). Hydrologie: cheminements de l'eau. *Presses Internationales Polytechniques*, Montréal.
- Bouchemella S. et Alimi-Ichola I. (2016). Détermination de la variation spatio-temporelle de la teneur en eau lors d'une infiltration verticale en utilisant la méthode TDR. *Annales du Batiment et Travaux Publics*, 68: 1270-9840.
- Bréard L.M.L. (2017). Caractérisation des propriétés hydrogéologiques de la couche de contrôle des écoulements placée sur la halde à Stériles expérimentale à la mine du Lac Tio. *Maîtrise ès sciences appliquées, École Polytechnique de Montréal*.
- Ceballos, A., Cerdà, A., Schnabel, S. (2002). Runoff Production and Erosion Processes on a Dehesa in Western Spain. *Geographical Review*, 92: 333-353.
- Collis-George N. and Lal R. (1971). Infiltration and structural changes as influenced by initial moisture content. *Soil Research*, 9: 107-116.
- Dongdong L., Dongli S., Shuang'en Y., Guangcheng S., et Dan C. (2014). Predicted Infiltration for sodic/saline soils from reclaimed coastal areas: sensitivity to model parameters. *The Scientific World Journal*.
- El Ouahabi M. (2013). Valorisation industrielle et artisanale des argiles au Maroc. *Thèse de Doctorat, Université de Liège*.
- Gray. D.M et Norum.D.I (1967). The effect of soil moisture on infiltration as related to runoff and recharge. *Proceedings of Hydrology Symposium N°6. Soil moisture. National Research Council of Canada*.
- Green R.E. (1962). Infiltration of water into soils as influenced by antecedent moisture. *Iowa State University*.
- Jianfeng X. and Kenneth J. (2008). Effect of Rainfall Intensity on Infiltration into Partly Saturated Slopes. *Geotechnical and Geological Engineering*, 26: 199.
- Mattieu N. (2010). Étude expérimentale et numérique du ruissellement de surface: effets des variations d'intensité de pluie. Application à une parcelle de vigne en Cévennes-Vivarais. *Thèse de Doctorat, Université de Grenoble*.
- Mayoraz G. (2015). Étude du ruissellement de surface dans la région de Lyss (Berne). *Travail de recherché. Département des Géosciences, Université de Fribourg*.
- Musy A. et Soutter M. (1991). Physique du sol. *Presses polytechniques et universitaires romandes*.
- Ruggenthalerab R., Gertraud M., Geitnera C., Leitingerb G., Endstrassera N. et Schöberla F. (2015). Investigating the impact of initial soil moisture conditions on total infiltration by using an adapted double-ring infiltrometer. *Institute of Geography, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria*.
- Smith R. (1972). The infiltration envelope: results from a theoretical infiltrometer. *Journal of hydrology*, 17: 1-21.
- Zadjaoui A. (2009). Étude du transfert hydrique dans les sols non saturés: échange sol-atmosphère. *Thèse de Doctorat, Université d'Aboubekr Belkaid*.